

~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~
~~XXXX~~
~~XXXX~~
CLIPPEDIMAGE= JP411339997A
PAT-NO: JP411339997A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11339997 A
TITLE: PLASMA PROCESSING DEVICE

PUBN-DATE: December 10, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ISHII, NOBUO

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOKYO ELECTRON LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10165874

APPL-DATE: May 30, 1998

INT-CL_(IPC): H05H001/46; C23F004/00 ; H01L021/205 ;
H01L021/3065 ; C23C014/34
; C23C016/50

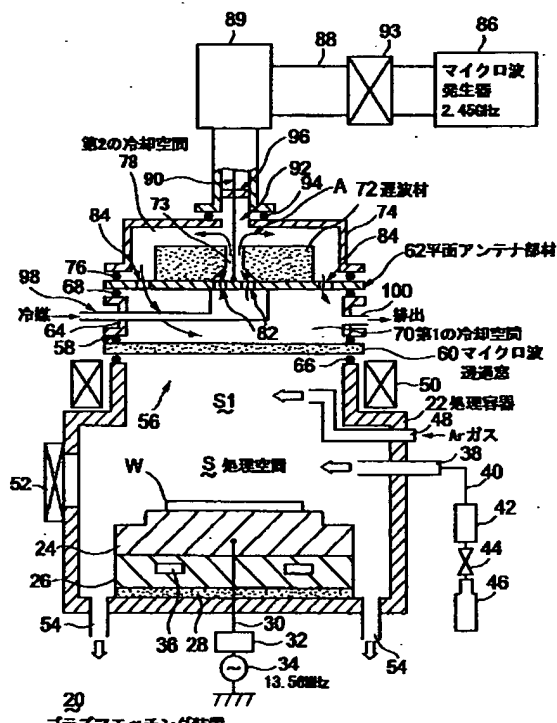
ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma processing device capable of preventing deformation of an antenna thereof by efficiently cooling the antenna.

SOLUTION: In this plasma processing device, the microwave generated in a microwave generating unit 86 is led to a flat surface antenna 62 through a waveguide 88, and the microwave is led into a processing container 22 for plasma-processing a material W to be processed through a microwave transmitting window 60, and cooling spaces 70, 78 are formed near the flat surface antenna 62, and the coolant for cooling the flat surface antenna 62 is made to flow into the cooling spaces. With this structure, the antenna is cooled so as to prevent thermal deformation.

(11)特許出願公開番号

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を、導波管を介して平面アンテナ部材に導き、これよりマイクロ波透過窓を介して被処理体をプラズマ処理する処理容器内にマイクロ波を導入するプラズマ処理装置において、前記平面アンテナ部材の近傍に冷却空間を形成し、この冷却空間内に前記平面アンテナ部材を冷却する冷媒を流すように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記冷却空間は、前記マイクロ波透過窓と前記平面アンテナ部材との間に形成されていることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 前記平面アンテナ部材の上面には、誘電体部材よりなる遅波材が接合させて設けられることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記冷却空間は、前記接合された遅波材と前記平面アンテナ部材の上方と下方に設けられ、前記冷媒は前記上下の冷却空間間に循環されていることを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 前記冷媒は、誘電損失が小さい低誘電率媒体よりなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波によりアンテナ表面からプラズマ発生用のエネルギーを投入して、これによりプラズマを発生させるプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合があり、特に、0.1～数10mTorr程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波とリング状のコイルからの磁場とを組み合わせ高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置が使用される傾向にある。

【0003】従来、この種のマイクロ波プラズマ装置としては、特開平3-17273号公報に示すような装置が知られている。この装置にあつては、磁場形成手段を有するプラズマ発生室にマイクロ波を導入する導波管を接続し、この導波管より導入したマイクロ波により電子サイクロトロン共鳴を生ぜしめて高密度のプラズマを生成するようになっている。図5はこの種の従来のプラズマ処理装置の一例を示す概略構成図であり、処理容器2の天井部にマイクロ波透過窓4を設け、マイクロ波発生器6にて発生した例えば2.45GHzのマイクロ波を例えば矩形導波管8及び矩形・同軸変換器9を介して多

き、各スリットより下方へマイクロ波を放射させることにより、このマイクロ波をマイクロ波透過窓4を介して処理容器2内へ導入するようになっている。このアンテナ部材10の上面には、マイクロ波の波長を短くしてエネルギー投入効率を向上させるために例えばセラミック等の誘電体材料よりなる遅波材12が接着剤等により接合させて配置されている。そして、処理容器2内へ導入されたマイクロ波は、処理容器2の上部外側に設けた磁石14により発生される水平方向の磁界とECR (Electron Cyclotron Resonance) を生じ、高密度のプラズマを発生することになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、導波管8内の同軸線16を伝播してきたマイクロ波は、円板状のアンテナ部材10の中心部から周辺部に広がりながらその下方へエネルギーとして放射されるが、この時、アンテナ部材10を構成する導体、例えば銅による抵抗損失（銅損）が発生することは避けられず、ジュール熱に伴う温度上昇が生ずる。また、遅波材12においてもマイクロ波による誘電損失が発生するので、これ自体の温度上昇が生ずることは避けられない。通常、この温度は、マイクロ波の電力にもよるが、例えば100℃近傍まで上昇する。この場合、アンテナ部材10を構成する金属材料と遅波材12を構成する誘電体材料の熱線膨張率は大きく異なっており金属材料の方がはるかに大きいので、繰り返し使用した時に膨張量の差に起因して、アンテナ部材10と遅波材12との接合面が少しずつ剥離するという現象が発生していた。

【0005】このように部分的に剥離が生ずると、その部分におけるマイクロ波の伝播状況が変化してしまつて、処理容器2内に投入されるマイクロ波が分布を持ってしまう、プラズマ分布が不均一となり、更にこれに伴ってウエハ処理の面内均一性が劣化するばかりか、処理の再現性も劣化するといった問題点が発生していた。また、遅波材12の表面に金属材料を例えばスパッタ形成してアンテナ部材10を設けるようにした構造の装置もあるが、この場合には、両者が強固に結合していることから、線膨張差に耐えられず遅波材が破損する場合もあった。

【0006】更には、遅波材12を設けていない構造の装置もあるが、この場合にはアンテナ部材10の厚みが0.2～0.5mm程度と非常に薄いために、繰り返し熱伸縮により、平面状のアンテナ部材10自体に凹凸状のゆがみが生じてしまうという問題もあった。また、マイクロ波によって発生した熱を、低マイクロ波損失液体、例えばフッリナート（商品名）によって冷却するプラズマ装置も、例えば特開昭64-71097号公報等に開示されているが、これはプラズマ放電管を冷却する技術であり、平面アンテナ部材を有するプラズマ装置と

きない。

【0007】本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、アンテナ部材、或いはアンテナ部材に加えて遅波材を設けている場合には、アンテナ部材と遅波材とを効率的に冷却してアンテナ部材の変形や両者間の剥離を防止するようにしたプラズマ処理装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記問題点を解決するために、マイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を、導波管を介して平面アンテナ部材に導き、これよりマイクロ波透過窓を介して被処理体をプラズマ処理する処理容器内にマイクロ波を導入するプラズマ処理装置において、前記平面アンテナ部材の近傍に冷却空間を形成し、この冷却空間内に前記平面アンテナ部材を冷却する冷媒を流すように構成したものである。

【0009】このように、冷却空間に冷媒を流すことにより、これに接する平面アンテナ部材は、例えば常温程度まで冷却されるので、マイクロ波を流しても平面アンテナ部材は加熱状態にならず、平面アンテナ部材が熱により変形等することを防止することができる。このような冷却空間は、例えば前記冷却空間は、前記マイクロ波透過窓と前記平面アンテナ部材との間に形成される。

【0010】また、平面アンテナ部材の上面に、誘電体部材より成る遅波材を接合して設けている場合には、前記冷却空間は、前記接合された遅波材と前記平面アンテナ部材の上方と下方に設けられ、前記冷媒は前記上下の冷却空間間に循環されるように構成する。

【0011】これにより、平面アンテナ部材と遅波材を共に冷却することができるので、両者が部分的、或いは全面的に剥離することを防止することができる。また、前記冷媒としては、誘電損失が小さい低誘電率媒体を用いるのがよい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係るプラズマ処理装置を示す構成図、図2は図1に示す装置中の平面アンテナ部材を示す平面図、図3は図1に示す装置中の遅波材を示す斜視図である。

【0013】本実施例においてはプラズマ処理装置をプラズマエッチング装置に適用した場合について説明する。図示するようにプラズマ処理装置としてのこのプラズマエッチング装置20は、例えば側壁や底部がアルミニウム等の導体により構成されて、全体が筒体状に形成されると共に上部が段部状に縮径された処理容器22を有しており、内部は密閉された処理空間Sとして構成されている。また、この処理空間Sの上方が、プラズマ生成空間S1として形成される。

としての例えば半導体ウエハWを載置する載置台24が収容される。この載置台24は、例えばアルマイト処理したアルミニウム等により中央部が凸状に平坦になされた略円柱状に形成されており、この下部は同じくアルミニウム等により円柱状になされた支持台26により支持されると共にこの支持台26は処理容器22内の底部に絶縁材28を介して設置されている。

【0015】上記載置台24の上面には、ここにウエハを吸着保持するための静電チャックやクランプ機構(図示せず)が設けられ、この載置台24は給電線30を介してマッチングボックス32及び例えば13.56MHzのバイアス用高周波電源34に接続されている。載置台24を支持する支持台26には、プラズマ処理時のウエハを冷却するための冷却水等を流す冷却ジャケット36が設けられる。上記処理容器22の側壁であって、処理空間Sを区画する部分には、容器内に例えばエッチングガスを導入するための例えば石英パイプ製の処理ガス供給ノズル38が設けられ、このノズル38はガス供給路40によりマスフローコントローラ42及び開閉弁44を介して処理ガス源46に接続されている。処理ガスとしてのエッチングガスは、 CHF_3 、 CF_4 、 C_4F_8 ガス等を単ガスとして或いはこれらと水素ガスとの混合ガスを用いることができる。また、プラズマ生成空間S1の部分に臨ませて、プラズマガスとしてアルゴン等の不活性ガスを供給するための同じく石英製のガスノズル48が設けられており、流量制御されたArガスをここに供給できるようになっている。

【0016】そして、処理容器22の段部の外側には、ECR用のリング状の磁石50が設けられており、プラズマ生成空間S1にECR発生用の磁界を印加するようになっている。また、容器側壁の外周には、この内部に対してウエハを搬入・搬出する時に開閉するゲートバルブ52が設けられる。また、容器底部には、図示されない真空ポンプに接続された排気口54が設けられており、必要に応じて処理容器22内を所定の圧力まで真空引きできるようになっている。

【0017】一方、処理容器22の天井部には、この容器内にマイクロ波を導入するために、被処理体Wの直径と略同じ大きさの、或いはこれより大きい開口56が形成されており、この開口56に、Oリング等のシール部材58を介して例えば石英製のマイクロ波透過窓60が気密に設けられている。そして、このマイクロ波透過窓60の上面側に、円板状の平面アンテナ部材62が設置される。具体的には、このアンテナ部材62は、例えばアルミニウム等の金属製のリング状の冷却区画壁64を介してマイクロ波透過窓60の上方に設置されており、この冷却区画壁64とマイクロ波透過窓60及び平面アンテナ部材62の接合部には、シール性を保つシール部材66、68がそれぞれ介在されている。これにより、

冷却区画壁64により仕切られた空間を形成し、これを第1の冷却空間70として構成している。

【0018】また、平面アンテナ部材62の上面には、図3にも示すように薄い略円板状に成形された誘電体材料、例えばセラミックよりなる遅波材72が接着剤等により接合されて配置されている。この遅波材72の中央部には、後述する同軸線を通したり、冷媒を流すための貫通孔73が形成されている。この遅波材72は、これに作用するマイクロ波の伝播速度を低下させることにより波長を短くして平面アンテナ部材62より下方へ放射されるマイクロ波の放射効率を向上させるものである。そして、この遅波材72の表面から所定の間隙を隔ててこれを覆うようにして覆い部材74が設置されている。この覆い部材74は、例えばアルミニウム等の金属等よりなり、これと上記平面アンテナ部材62との接合部には、シール部材76が介設されている。これにより、覆い部材74の内面と遅波材72の外面とで仕切られた空間を形成し、これを第2の冷却空間78として構成している。

【0019】上記平面アンテナ部材62は、例えば銅やアルミニウム等の導電性材料よりなり、図2にも示すようにこのアンテナ部材62には、この周方向に延びる多数のスリット80が形成されている(図2では同心円状に配列されている場合を示す)。ここで各スリット80の長さ及び半径方向へのピッチは、マイクロ波の管内波長(遅波材72によって短くなった波長)に依存して設定する。例えばスリット80のピッチは、管内波長の1/2波長か、1波長程度の距離に設定される。そして、この平面アンテナ部材62の中心点の周囲には、例えば4つの冷媒上昇口82が形成されると共に、平面アンテナ部材62の周縁部であってスリット80の形成エリアの外側には、例えば4つの冷媒下降口84が形成されており、後述するように冷媒を流通できるようになっている。これらの冷媒上昇口82及び冷媒下降口84の数や大きさは、スリット80に悪影響を与えない範囲で変更でき、上記したものに限定されない。また、この平面アンテナ部材62の厚みは、例えば0.3mm前後であり、非常に薄く設定され、この直径は、例えば12インチ(30cm)ウエハを処理する場合には40~50cm程度になされている。

【0020】一方、上記平面アンテナ部材62に対してマイクロ波を供給するマイクロ波発生器86は例えば2.45GHzのマイクロ波を発生するものであり、これからは、矩形導波管88及び矩形・同軸変換器89を介してマイクロ波を伝送し、内部の同軸線90を覆い部材74の中心に設けた開口92及び遅波材72の貫通孔73に挿通させて、その先端を上記平面アンテナ部材62の中心部に接続している。このマイクロ波の周波数は2.45GHzに限定されず、1GHz~10数GHz

管88の途中には、インピーダンスのマッチングを行なうマッチング回路93が介設されると共に、その先端は、上記覆い部材74の開口92にシール部材94を介して気密に接合されている。また、上記開口92の近傍の矩形導波管88内には、矩形導波管88内の奥へ冷媒が漏れ出ることを防止するためにシール部材96が設けられている。

【0021】そして、上記第1の冷却空間70の一部を仕切る冷却区画壁64には、冷媒を内部へ導入するための冷媒導入ノズル98が貫通させて設けられており、このノズル98の先端は拡張されて上記平面アンテナ部材62の中心部の下面に、直接接合されており、ここに設けた冷媒上昇孔82内へ直接冷媒を供給するようになっている。また、この冷却区画壁64には、第1の冷却空間70内の冷媒を外へ排出する冷媒排出ノズル100が形成されている。尚、図1に示す装置例にあつては、第1及び第2の冷却空間70、78の厚みを大きく記載して説明を判り易くしているが、実際にはもっと小さく設定されているのは勿論である。

【0022】次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。まず、ゲートバルブ52を介して半導体ウエハWを搬送アームにより処理容器22内に収容し、リフトピン(図示せず)を上下動させることによりウエハWを載置台24の上面の載置面に載置する。そして、処理ガス供給ノズル38から例えばCF₄等のエッチングガスを流量制御しつつ供給し、また、ガスノズル48からプラズマガスとしてArガスを供給し、処理容器22内を所定のプロセス圧力、例えば0.1~数10mTorrの範囲内に維持する。尚、このArガスを供給しない場合もある。同時にマイクロ波発生器86からのマイクロ波を、矩形導波管88及び矩形・同軸変換器89を介して平面アンテナ部材62と覆い部材74で形成される空間に供給してプラズマ生成空間S1及び処理空間Sに電界を形成し、プラズマ放電によりガスを解離させてプラズマを発生させ、エッチング処理を行う。

【0023】ここで、マイクロ波発生器86にて発生した例えば2.45GHzのマイクロ波は、矩形導波管88内に伝播されて平面アンテナ部材62と覆い部材74で形成される空間に供給され、その中で半径方向へ伝播しながら、多数のスリット80から下方へ向けて放射され、この放射マイクロ波はマイクロ波透過窓60を透過してプラズマ生成空間S1側へ導入されることになり、磁石50により印加される磁界により電子サイクロトロン共鳴を生ずる。このように、マイクロ波が平面アンテナ部材62と覆い部材74で形成される区間を流れると、平面アンテナ部材62はその抵抗によりジュール熱を発生し、また、遅波材72は誘電損失を発生して、共に温度が上昇する傾向となるが、本実施例の場合には、

ので、温度上昇による問題が発生することはない。

【0024】すなわち、冷媒導入ノズル98から導入された冷媒は、平面アンテナ部材62の中心の冷媒上昇孔82へ直接供給され、この冷媒上昇孔82を通過して遅波材72の貫通孔73を上昇し、そして、遅波材72と接触しつつ、第2の冷却空間78を矢印Aに示すようにその中心部から放射状に周辺部に向かって流れて行き、この時、遅波材72にて発生した誘電損失による熱を奪ってこれを冷却する。この冷媒は、第2の冷却空間78の周縁部を流下し、平面アンテナ部材62の周縁部に設けてある冷媒下降孔84を通過して第1の冷却空間70内に流れ込む。この流れ込んだ冷媒は平面アンテナ部材62の下面と接触しつつ、この第1の冷却空間70内を流れて行き、この時、アンテナ部材62にて発生したジュール熱を奪ってこれを冷却することになる。そして、この冷媒は冷媒排出ノズル100から系外へ排出される。系外へ排出された冷媒は、これを冷却して再度、冷媒導入ノズル98へ供給することにより循環使用すればよい。

【0025】このように、冷媒を、冷媒導入ノズル98から導入して、これを第2の冷却空間78及び第1の冷却空間70の順に流すことにより、遅波材72や平面アンテナ部材62にて発生した熱を奪うことによって、これらを冷却して、例えば常温程度に維持できるので、装置を繰り返し使用しても従来の装置にて熱伸縮に伴って発生していた遅波材72とアンテナ部材62との接合面における剥離やアンテナ部材の熱変形が発生することを未然に防止することができる。このため、部分的にマイクロ波が強くなるなどしてマイクロ波に強弱の分布がそれほど生ずることもなく、マイクロ波分布を均一に保つことが可能となる。また、冷媒としては、マイクロ波を吸収し難いもの、例えば冷却ガスを用いることができるが、特に、熱容量が大きくて誘電損失の小さい低誘電体冷媒、例えばフッリナート（商品名）やガルデン（商品名）を用いれば、マイクロ波のエネルギーを損失することなく、効率的にアンテナ部材62や遅波材72を冷却することが可能となる。

【0026】図示例では、冷媒を第2の冷却空間78内へ導入してから冷媒を第1の冷却空間70内へ流入させるようにしたが、この冷媒の流れ方向は特に限定されず、どのような方向に流してもよい。また、上記実施例では、平面アンテナ部材62の上面に遅波材72を接合させて設けるようにしたが、図4に示すように遅波材を設けていない構造の装置にも適用できる。この場合には、平面アンテナ部材62には、図2に示される多数のスリット80は設けるが、遅波材を冷却するために設けられた冷媒上昇孔や冷媒下降孔は図4に示す装置では設ける必要がない。また、冷媒導入ノズル98の構造は、図1に示す構造と比較して簡単なものでよく、第1の冷

【0027】この変形実施例の場合には、冷媒は主として平面アンテナ部材62の下面と接しつつ第1の冷却空間70内を流れ、冷媒排出ノズル100から排出されることになり、この時、平面アンテナ部材62は冷却されることになる。従って、平面アンテナ部材62が過加熱されることはなく、熱変形することを未然に防止することができる。また、多数のスリット80を介して平面アンテナ部材62の上方の第2の冷却空間78にも冷媒が浸入するが、矩形導波管88内の下端側にはシール部材94を介在させてあるので、冷媒が矩形導波管88内の奥まで浸入することもない。

【0028】尚、以上の各実施例では、プラズマ処理装置としてECRプラズマ処理装置を例にとって説明したが、この方式のプラズマ処理装置に限定されず、マイクロ波を平面アンテナ部材により処理容器内へ放射させるようにした構造ならば、本発明は全てのプラズマ処理装置に適用することができる。また、ここではプラズマエッチング処理を例にとって説明したが、プラズマ成膜処理、プラズマスパッタ処理、プラズマアッシング処理等にも適用できるのは勿論である。更には、被処理体として半導体ウエハに限定されず、LCD基板、ガラス基板等にも適用し得る。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。平面アンテナ部材の近傍に冷却空間を設けて、これに冷媒を流すことにより平面アンテナ部材を冷却するようにしたので、熱応力により平面アンテナ部材が変形することを防止でき、従って、均一性のあるプラズマを安定的に生成することができる。また、平面アンテナ部材の上面に遅波材を接合させて設けた場合には、これらの両者を冷却することによって熱伸縮が発生することがなくなり、従って、熱膨張差に起因して発生していた両者の接合面における部分的、或いは全面的な剥離の発生をなくすることができる。従って、再現性よくマイクロ波を処理容器内へ投入できるので、均一性のあるプラズマを安定的に生成することができる。更に、遅波材を設けた場合には、この上下に冷却空間を設けて、これに冷媒を循環させることにより、冷却効率を高めて一層プラズマの安定的な生成に寄与することができる。また、冷媒として、誘電損失が小さい低誘電率媒体を用いることにより、媒体によるマイクロ波の吸収を最小限にすることができるので、プラズマの生成効率を劣化させることもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置を示す構成図である。

【図2】図1に示す装置中の平面アンテナ部材を示す平面図である。

る。

【図4】本発明の変形例を示す構成図である。

【図5】従来のプラズマ処理装置を示す概略構成図である。

【符号の説明】

20 プラズマエッチング装置（プラズマ処理装置）

22 処理容器

24 載置台

60 マイクロ波透過窓

62 平面アンテナ部材

64 冷却区画壁

70 第1の冷却空間

72 遅波材

74 覆い部材

78 第2の冷却空間

80 スリット

82 冷媒上昇孔

84 冷媒下降孔

86 マイクロ波発生器

88 矩形導波管

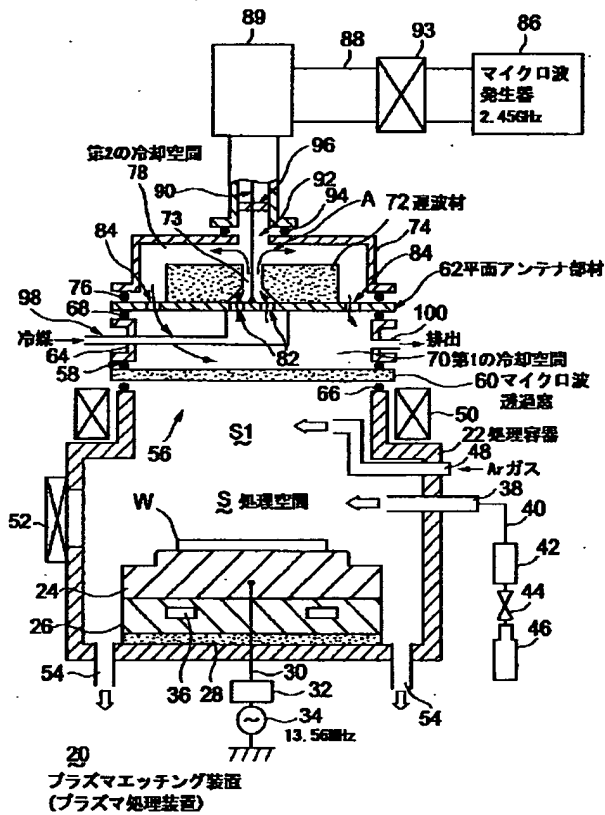
90 同軸線

10 98 冷媒導入ノズル

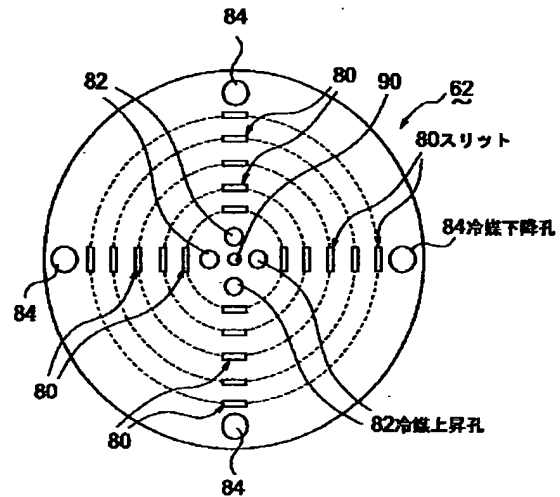
100 冷媒排出ノズル

W 半導体ウエハ（被処理体）

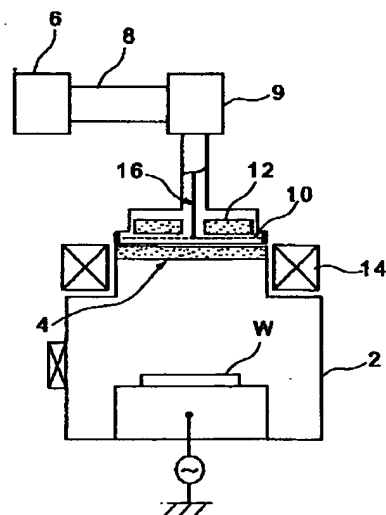
【図1】



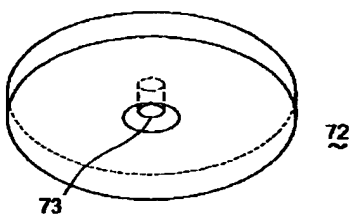
【図2】



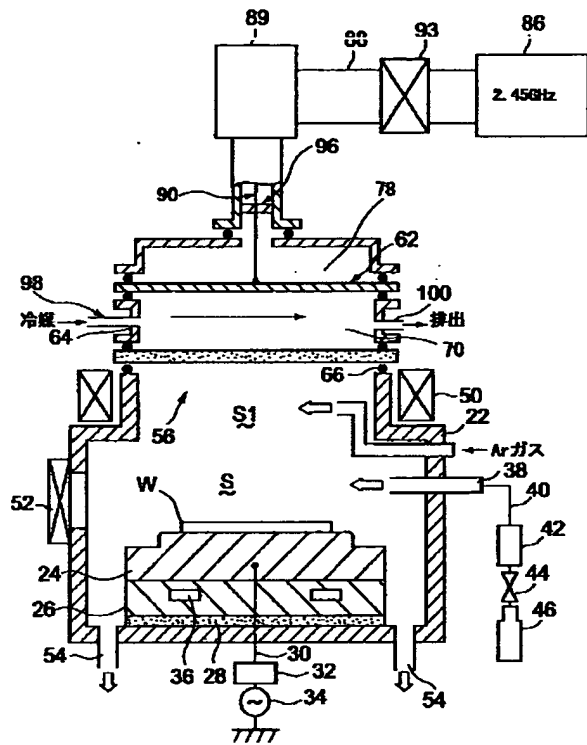
【図5】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
C 23 C 16/50

識別記号

F I
H 01 L 21/302

B